

HORMIGONES LIVIANOS

Luis Fernando Valdez Guzmán ⁽¹⁾, Gabriel Eduardo Suárez Alcívar ⁽²⁾, Ing. Gastón Proaño Cadena ⁽³⁾

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ Facultad de Ingenierías en Ciencias de la Tierra

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

[^{\(1\)}](mailto:lvaldez@espol.edu.ec), [^{\(2\)}](mailto:gesuarez@espol.edu.ec), [^{\(3\)}](mailto:gproano@espol.edu.ec)

Resumen

El presente trabajo trata sobre información acerca Hormigones Livianos, en este se muestran las bondades en este tipo de hormigones, los distintos materiales que lo componen, sus propiedades y características que lo diferencian de los hormigones convencionales como por ejemplo su buen aislamiento térmico y acústico, su resistencia al fuego y su peso ligero. Su peso ligero se basa exclusivamente del tipo de agregado que se utilice, generalmente la densidad de este tipo de hormigones va desde 300kg/m^3 hasta los 1900 kg/m^3 , lo cual representa una disminución en comparación con los hormigones de densidad normal. Además se da a conocer la clasificación de este hormigón, su tipo de uso, y aplicación en el campo de la construcción. También se presenta una breve reseña histórica de los primeros hormigones livianos y su lugar de elaboración y además damos a conocer las diversas obras que han sido construidas exitosamente con los hormigones livianos en los últimos años

Palabras Claves: Hormigón, características, livianos, aplicaciones

Abstract

The present work is about lightweight concretes, and it shows the kindness of this type of concretes, the different kinds of materials that compose it, its properties and characteristics that differ it from the conventional concretes for example its thermal and acoustic insulation, fire resistance and its lightweight. Its lightweight mostly depends on the kind of aggregate; its volumetric density is usually around 300kg/m^3 to 1900 kg/m^3 , which represent a reduction in comparison with normal density concretes. This work shows the classification of this type of concrete, its use, and application in construction. Also presents a brief historical review of the first uses of lightweight concretes, and shows diverse works that have been successfully constructed by lightweight concrete in the last years.

Key Words: Concrete, characteristics, lightweight, applications

1. Introducción

Se designa convencionalmente como hormigones livianos a aquellos que poseen características propias, que mediante métodos en el proceso de su elaboración se ha hecho más ligero que el hormigón convencional de cemento, grava y arena, el cual durante muchos años ha sido empleado como el material principal en el área de la construcción. El hormigón liviano fue clasificado e identificado durante mucho tiempo por la densidad que este presenta, debido a que esta es inferior a 2400 kg/m³ que es la densidad con la que fluctúa el hormigón normal. La característica más evidente del Hormigón Liviano es, por su puesto su densidad, la cual es considerablemente menor que la del hormigón normal y con frecuencia es una fracción de la misma

Se presentan muchas ventajas al tener materiales de baja densidad, como por ejemplo se reduce la carga muerta, mayor rapidez de construcción, menores costos de transporte. Se ha demostrado que utilizando hormigón liviano en la construcción se logra menos tiempo de ejecución en la obra, que si se utilizaran materiales tradicionales,

Una de las características de los Hormigones livianos es que posee una conductividad térmica relativamente baja, la cual se mejora mientras se reduce su densidad, como por ejemplo la necesidad de reducir el consumo de energía de los acondicionadores de aire de edificios, el hormigón liviano por su baja conductividad térmica mejora el ambiente y mantiene una temperatura confortable dentro de ellos.

Por otro lado los hormigones livianos generan una alternativa de salida para ciertos desechos agrícolas como la ceniza de cascara de arroz, ceniza de materiales combustibles utilizados para calderos, ceniza volcánica, etc.

1.1. Antecedentes

Los primeros hormigones livianos utilizados para construir edificaciones surgieron en el Imperio Romano en los años 20 a.C. Estos primeros hormigones eran resultado de la mezcla de materiales cementantes formados a partir de limos quemados con materiales de baja densidad como lo es piedra pómez.

Los primeros edificios construidos con hormigones estructurales livianos aparecieron luego de la Primera Guerra Mundial. En el año 1922 se construyó la ampliación del Gimnasio de la escuela de deportes acuáticos de la ciudad de Kansas y fue este el primer edificio construido con hormigón liviano estructural en la historia. El suelo donde se cimentó este edificio tenía una capacidad portante muy baja, por esta razón se optó por utilizar un hormigón liviano y poder así aligerar el peso que se descargaba al suelo.

Para el año 1928 se realizó un estudio para incrementar el número de pisos del edificio de oficinas de la compañía de teléfono Southwestern Bell en la ciudad de Kansas. Originalmente el edificio constaba con 14 pisos, se realizaron estudios en la cimentación y se determinó que a la estructura se le podía adicionar 8 pisos más utilizando hormigón convencional. Pero debido a que se utilizó hormigón liviano fabricado con arcillas expandidas se pudo aumentar la estructura hasta 14 pisos más.

1.2. Hormigón Liviano: definición y clasificación

Se designa convencionalmente como hormigones livianos a aquellos que producen una densidad que fluctúa entre 300kg/m³ y 1900 kg/m³, ya que los normales presentan una densidad normal de 2400 kg/m³

Por su tipo de aplicación el hormigón liviano se clasifica en:

- Hormigón de Relleno
- Hormigón Aislante
- Hormigón Estructural o de alto desempeño

1.3. Tipos de HL de acuerdo a su tipo de producción

Para la construcción de Hormigón Liviano básicamente se da por la inclusión de aire en su estructura, por lo cual podemos clasificar al hormigón por su tipo de producción en tres maneras:

- Hormigón de Agregado Ligero
- Hormigón Aireado, celular, espumoso o gaseoso
- Hormigón sin finos

1.4. Características Físicas y Químicas

Las características físicas y químicas que se generan por los agregados o el tipo de mezcla para la elaboración del hormigón liviano presenta ciertas ventajas las cuales se ponen a consideración del ingeniero para el tipo de proyecto que se tenga en mente.

Las ventajas que presenta este tipo de hormigón son:

- Permite disminuir el peso en estructuras y cargas a la cimentación.
- Por sus características termo-acústicas.-
- Ofrece un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica, en particular en sitios con clima extremoso.
- No requiere compactación;
- Su colocación y acabado son más económicos.
- Fraguado uniforme y controlado.
- Baja densidad.-

- Buena aislación térmica
- Buena aislación acústica
- Mayor resistencia al fuego que el Concreto Convencional
- Excelente trabajabilidad.
- Bajo modulo de elasticidad

Las desventajas que presenta este tipo de hormigón son:

- Los agregados livianos podrían ser mas caros que la grava común, pero esta diferencia podrá ser compensada con un menor costo en el transporte e incluso puede influir en el tipo de cimentación favorablemente
- Debido a que el modulo de elasticidad es bajo se pueden producir mayores deformaciones a las de un hormigón convencional
- No se puede determinar el grado de incidencia en la relación de agua-cemento debido a su gran absorción
- La contracción por secado es mayor ala del hormigón convencional y por lo tanto debe tenerse en consideración en el dimensionamiento de los elementos constructivos.
- La falta de experiencia en el uso del hormigón liviano lo cual genera inconvenientes en su uso y elaboración
- Debido a su gran absorción se presentan problemas de corrosión del hierro, pero este problema se reduce al aumentar el recubrimiento del hierro

2. Uso y Aplicaciones

Las aplicaciones que se le pueden dar al hormigón liviano se basa exclusivamente en el diseño que se le de además de los agregados escogidos para la elaboración del mismo.

El hormigón liviano es ideal para la construcción de elementos secundarios en edificios o viviendas, que requieren de ser ligeros a fin de reducir las cargas muertas; para colar elementos de relleno que no soporten cargas estructurales; para la construcción de vivienda con características de aislamiento térmico.

2.1. Hormigón Estructural

El uso fundamental del hormigón liviano busca reducir la carga muerta de una estructura de hormigón, lo que permite a su vez que el diseñador estructural reduzca el tamaño de columnas, zapatas y otros elementos de cargas en la cimentación particularmente.

Este sería un beneficio financiero directo capaz de cuantificarse con bastante aproximación al reducirse el consumo de acero y el peso de la estructura en si, debido a un ahorro en el diseño de la cimentación y de la estructura de soporte, ofreciendo al arquitecto o ingeniero una mayor libertad de planeación debido a

un mayor espaciamiento entre columnas y mayores luces.

Se encuentran además otros beneficios como por ejemplo la reducción en peso produce un ahorro en el transporte de los materiales con respecto al volumen, además se facilitan las operaciones en el sitio de la construcción debido a que hay menos fatiga humana y al mismo tiempo esto ayuda a que se aumente el rendimiento de cada trabajador, dando lugar a una edificación mas rápida y así a una reducción en el costo.

El hormigón estructural liviano posee una densidad en el orden de 1440 kg/m³ a 1840 kg/m³, en comparación con el concreto de peso normal que presenta una densidad en el rango de 2240 kg/m³ a 2400kg/m³. Para aplicaciones estructurales la resistencia del hormigón deberá ser superior a 17 MPa.

En edificios, el hormigón estructural liviano proporciona una estructura de concreto con mayor calificación de resistencia al fuego, además la porosidad del agregado liviano proporciona una fuente de agua para el curado interno del hormigón que permite el aumento continuo dela resistencia y durabilidad del hormigón.

2.2. Aislante Térmico

Un aislante térmico es un material usado en la construcción y caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura.

Una de las características del hormigón liviano es el valor alto de aislamiento térmico, el cual aumenta o disminuye en relación inversa con la densidad del material.

La conductividad es la característica por la cual el calor pasa de un material solido a otro cuando están en contacto entre si, sabemos que el aire es un mal conductor de calor, por lo tanto los hormigones livianos, que son porosos por excelencia lo cual indica que encierran cantidades considerables de aire, los convierte en buenos aislantes térmicos

2.3. Estructura Resistente al Fuego

La resistencia al fuego se define como el tiempo durante el cual el muro de hormigón es capaz de constituir una pantalla contra las llamas y los humos, sin sobrepasar la temperatura superficial de la cara no expuesta, de 150°C

El grado de resistencia al fuego depende directamente del tipo de material a emplear para la elaboración del elemento hormigón, tipo de ocupación, tamaño del edificio.

Hoy en día existen una gran variedad de tipos de recubrimiento de hormigón ligero, los cuales por sus buenas propiedades de aislamiento térmico proporcionan una protección eficiente. Tal es el caso

de los bloques y losas de hormigón que emplean agregados como la escoria espumosa, las arcillas expandidas, las cenizas sintetizadas de combustible en polvo o bien losas de hormigón aireado.

2.4. Prefabricados

Los prefabricados de hormigón son elementos compuestos de hormigón, realizados en una fábrica o complejo industrial sobre el terreno y, posteriormente, instalados, en su posición final. Los Productos prefabricados de hormigón son ampliamente conocidos y utilizados, vienen en todo tipo de diseños para utilizar.

El uso más común de prefabricados del hormigón con agregados de peso ligero y del hormigón aireado es en forma de bloques de mampostería utilizados para la construcción de muros de carga y sin carga o muros divisorios.

3. Obras civiles donde se emplee hormigones livianos

Proyecto del Puente de Raftsundet

El puente Raftsundet se encuentra localizado en el norte de Noruega al norte del círculo polar Ártico, el puente cruza una de las principales rutas de transporte marítimo entre dos islas de Lofoten, este tiene una longitud total de 711 m con un tramo principal de 298 m.



Fig. 3.1 Ubicación del Puente de Raftsundet

Fue el tramo de hormigón tipo cantiléver más largo del mundo cuando éstos fueron unidos en Junio 24 de 1998. El puente fue abierto al tráfico el 6 de Noviembre de ese mismo año.

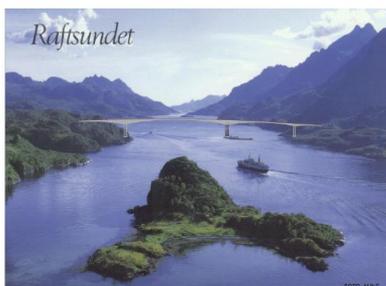


Fig. 3.2 Fotomontaje del Puente de Raftsundet

La estructura se encuentra expuesta a ráfagas de viento de casi 60 m/s. Además le rodea una topografía de altas montañas superando los 1000 m sobre el nivel del mar y las fluctuaciones de viento crea fuerzas de gran magnitud en el puente, afectando sobre todo a las columnas y vigas. Por tal motivo se utilizó hormigón liviano con alto desempeño en el tramo principal el cual poseía una densidad endurecida de 1975 kg/m³ y resistencia a la compresión a los 28 días de 60 MPa. El resto de la superestructura y columnas fueron construidas con hormigón de densidad de 2400 kg/m³ y resistencia a los 28 días superior a 65 MPa.

Plataforma de petróleo Hibernia



Fig. 3.3 Representación artística de la Plataforma Hibernia

El campo petrolero de Hibernia se encuentra a unos 315 km al sureste de St. John's, Terranova, Canadá. Una plataforma mar adentro se consideró necesario para aprovechar el recurso petrolero.

La base estructural de la plataforma tenía que soportar el hielo y deshielo, la abrasión, la acción del viento y las olas, y al ataque químico. Además, la gigantesca estructura estaba obligada a flotar, ser remolcado al sitio, y después de ser colocado, debía resistir el impacto de 5,5 millones de toneladas de témpano de hielo. Pesando más de 1,2 millones de toneladas, Hibernia Offshore Platform es la estructura flotante más grande que se ha construido en Norteamérica.



Fig. 3.4 Base estructural de la Plataforma Hibernia parcialmente sumergida

Para satisfacer los requisitos de construcción, producción y colocación del hormigón, durabilidad, una densidad normal fue originalmente especificado para este proyecto, además de las características listadas a continuación:

- Alta resistencia
- Alto módulo de elasticidad
- Alta resistencia a la tracción
- Alta resistencia a la congelación y descongelación
- Alta trabajabilidad y revenimiento sin segregación
- Baja permeabilidad

Para mejorar la capacidad de flotar de la estructura, posteriormente se determinó que una reducción de aproximadamente el 10% en la densidad del hormigón sería una ventaja. Se buscaba reducir el peso sin afectar la resistencia, durabilidad y procesos constructivos del diseño original. Para lograr estos objetivos, se vio necesario sustituir aproximadamente el 50% en volumen de los agregados de densidad normal por agregados livianos de alta calidad.

Condominios Sand Key Fase II



Fig. 3.5 Vista de los condominios Sand Key Fase II

El hormigón liviano de alto desempeño es utilizado cada vez más en edificios para oficinas y residenciales para así lograr luces mayores. Los Condominios Sand Key se encuentran cerca de Tampa, Florida, USA. Este proyecto de 14 niveles de altura está construido en un marco de concreto postensado.

Las especificaciones del proyecto piden resistencias a compresión a los 28 días de 62 MPa con un peso unitario de 1760 kg/m³ para las losas. Los resultados en los ensayos arrojan resistencias promedio mayores a 82,75 MPa.

Todo el hormigón liviano de alto desempeño fue colocado mediante bombeo con un tubo de 5 pulgadas (125 mm).

Sebastien Inlet Bridge

El puente de entrada Sebastián es un gran puente de arco de hormigón. Se extiende por la desembocadura

del río indio que también se conoce como la ensenada de Sebastián. Se conecta la carretera estatal A1A en el Condado de Indian River, Florida, a la carretera estatal A1A en Brevard County, Florida.

El puente fue construido por los Hermanos Cleary Construction Company, W. Palm Beach, FL y fue terminado en 1965. El puente tiene una longitud total de 1548 metros con un vano principal de 180 pies. El gálibo vertical es de 37 pies. El tramo intermedio fue construido con hormigón liviano el cual se lo examino luego de 30 años y esencialmente estaba igual que como cuando fue construido cosa que no pasaba con los tramos adyacentes que fueron construidos con hormigón normal

4. Materiales

Los agregados livianos usados en la elaboración de hormigones, han sido adoptados en consideración a se estructura celular, que ofrece una de las principales ventajas, que es la baja densidad y consecuentemente el aislamiento térmico, a la par de ciertas propiedades acústicas, pues amortiguan las vibraciones. La estructura del interior, se produce generalmente con altas temperaturas, originando gases que causan expansión. La capacidad de absorción de agua y el grado de aislamiento térmico no vienen fijados solamente por el porcentaje de burbujas, sino también por la naturaleza de estas y por su cantidad tamaño y distribución.

4.1. Cemento

El cemento es un material de construcción formado por la mezcla de varios elementos adhesivos. Este resistente material debe su nombre a lo que los romanos denominabas “opus caementitium”, que del latín al español es traducible como obra cementicia. Los romanos llamaban así a una mezcla de grava y otros materiales similares al hormigón que utilizaban para fabricar los morteros.

Ya en nuestros días, el cemento, sigue comportándose como un adhesivo, sin embargo, su mayor uso se encuentra en la construcción de grandes edificios y todo tipo de construcciones relacionadas a las obras de la ingeniería civil.

El cemento se conoce también por el nombre de cemento hidráulico, nombre que incluye a todas aquellas sustancias aglomerantes que hacen fraguar y endurecer la mezcla con agua, lo que puede suceder incluso, bajo el agua.

El cemento se fabrica a partir de un proceso en el que existen varias etapas, en donde se integran sus componentes, el aglutinante en base al agua y los agregados como la grava, el árido fino, el grueso, y la arena. La primera de ellas guarda relación con la acción de triturar y moler la materia prima. En segundo lugar, es necesario mezclar los distintos elementos de la mezcla, teniendo en consideración las

proporciones adecuadas para la obtención del polvo crudo base. Posteriormente, el polvo crudo debe ser calcinado, para luego, junto a determinado monto de yeso, ser molido nuevamente. A este producto se le llama clínker.

Debido a sus características, el cemento es utilizado para construcciones que requieren de gran firmeza y resistencia, usándose para la construcción de cimientos y muros de grandes edificios y hogares. Además es posible encontrarlo en la fabricación de monumentos y estatuas que adornan nuestra ciudad, sin embargo, para este uso, el cemento utilizado es uno de color blanco, ya que el clásico de color gris le da un acabado poco estético. De este modo, podemos notar que el cemento se encuentra presente en casi cada rincón de nuestras ciudades y hogares.

4.2. Piedra Pómez

La piedra pómez o piedra pómez también llamada pumita es una roca magmática volcánica vítrea, con baja densidad y muy porosa, de color blanco o gris. En su formación la lava proyectada al aire sufre una gran descompresión. Como consecuencia de la misma se produce una desgasificación quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico.

La piedra pómez químicamente es un silicato volcánico de aluminio. Su estructura está compuesta por partículas vítreas con un alto contenido de sílice superior al 50%, y por una gran cantidad de poros diminutos que le proporcionan un bajo peso unitario, a pesar de tener una gravedad específica alta entre 2.3 a 2.5. Su peso unitario varía de 350 Kg/ m³ hasta 800 Kg/ m³. y puede flotar en el agua.

Su textura es rugosa y su forma puede ser angular o redondeada. El tamaño de los granos al estado natural varía desde muy fino, semejante a la arena, hasta diámetros de una pulgada o más.

4.3. Poliestireno expandido

La fabricación del material se realiza partiendo de compuestos de poliestireno en forma de perlitas que contienen un agente expansor habitualmente pentano. Después de una pre-expansión, las perlitas se mantienen en silos de reposo y posteriormente son conducidas hacia máquinas de moldeo. Dentro de dichas máquinas se aplica energía térmica para que el agente expansor que contienen las perlitas se caliente y éstas aumenten su volumen, a la vez que el polímero se plastifica. Durante dicho proceso, el material se adapta a la forma de los moldes que lo contienen, posee una densidad aparente entre 10 kg/m³ y 30 kg/m³

En construcción lo habitual es comercializarlo en planchas de distintos grosores y densidades. También es habitual el uso de bovedillas de poliestireno expandido para la realización de forjados con mayor grado de aislamiento térmico. El poliestireno al ser

uno de los mejores aislantes térmicos, se usa ampliamente en la construcción de edificios ahorradores de energía. Un edificio aislado adecuadamente con espuma de poliestireno puede reducir la energía utilizada para climatizarlo hasta un 40%

En el hormigón liviano, se utilizan las perlas de poliestireno expandido, las cuales pueden reemplazar totalmente el agregado grueso, y parcialmente el agregado fino, debido a que son áridos que no absorben agua, no tienen impurezas, no reaccionan con el cemento y además tiene buena adherencia con el mismo.

En el proceso de mezclado mecánico, se coloca el poliestireno previamente mojado para aumentar su peso, luego se vierte el agregado fino que se va a adherir a la superficie del poliestireno, luego de la mezcla se coloca el cemento y al final el agua de mezclado. El material obtenido forma una masa consistente, que se coloca en el sitio por vibrado o apisonamiento manual

Para la elaboración del hormigón liviano con poliestireno expandido se debe tener en cuentas la exacta dosificación del agua, debido a que un exceso de agua puede ocasionar una mezcla no cohesiva y segregación del material en la superficie, caso contrario si la dosificación es correcta la mezcla será homogénea

Se puede utilizar este tipo de hormigón en rellenos de pisos y tabiques, en paneles y bloques para mampostería, morteros aislantes, capas estabilizadoras en carreteras, etc.

4.4. Virutas de madera

La viruta es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre madera o metales. Se suele considerar un residuo de las industrias madereras o del metal; no obstante tiene variadas aplicaciones.

Las virutas de madera, o serrín, se emplean para:

- elaboración de tablas de madera aglomerada
- embalaje y protección de paquetes
- material de aislamiento
- lecho para mascotas o ganado

El aserrín algunas veces tienen un efecto determinado sobre el endurecimiento del cemento y sobre el fraguado, en el mejor de los casos esto conduce a una incertidumbre sobre las propiedades del producto, pero en el peor de los casos se pueden obtener propiedades tan pobres como para ser virtualmente irreversibles, La mayoría de los aserrines de maderas suaves se vuelven compatibles con el cemento, si se usa como aglutinante una mezcla de cemento y cal.

4.5. Ceniza de cascarillas de arroz

La cascarilla de arroz es un subproducto de la industria molinera, que resulta abundantemente en las zonas arroceras de muchos países y que ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico. Entre sus principales propiedades físico-químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte.

Para mejorar la retención de Humedad de la cascarilla, se ha recurrido a la quema parcial de la misma. Esta práctica aunque mejora notablemente la humectabilidad, es en realidad muy poco lo que aumenta la capilaridad ascensional y la retención de humedad.

4.6. Incorporación de Aire

La incorporación de aire en el proceso de elaboración del hormigón en el interior de la lechada se lo puede definir por varios métodos de los cuales se pueden describir a continuación:

- Por medio de la introducción de aire, ya sea agregando a la lechada en la mezcladora una espuma estable preformada semejante a la usada para combatir el fuego o incorporando aire por medio de batido, con la ayuda de un agente incluso de aire
- El polvo de aluminio se lo utiliza para la incorporación de aire en el hormigón ya que este sirve para generar gas y es de suma importancia en la fabricación de unidades precoladas o bloques.
- Por la formación de gas por medio de una reacción química dentro de la masa durante su estado líquido o plástico

4.7. Arcilla expandida

Es un material aislante de origen cerámico, producido industrialmente. Se fabrica a partir de arcilla pura extraída de canteras a cielo abierto. Tras un primer proceso de desbaste, esta arcilla pura se almacena en naves cerradas para su homogeneización y secado. Una vez seca, la arcilla se muele hasta obtener un polvo impalpable denominado crudo.

Características del agregado:

- Presenta una alta porosidad.
- Material duro.
- Color marrón claro.
- Forma redondeada.
- El peso específico puede variar aproximadamente entre 270 y 600 Kg/m³
- Superficie rugosa.
- Granulometrías variables (en mm):- (0 – 3)- (3 – 10)- (10 – 20)- (20 – 40)
- No es corrosivo ni se pudre.

- Es un material aislante continuo, sin puentes térmicos
- Es resistente al fuego.
- Soporta la exposición al sol sin fundirse ni deteriorarse.
- Envejece.
- No produce gases.

5. Conclusiones

1. Los hormigones livianos son muy buenos aislantes de temperatura
2. El módulo de elasticidad de los hormigones livianos está por debajo de la mitad de los hormigones tradicionales.
3. La causa de que estos hormigones sean livianos se debe a su baja densidad lograda por la incorporación de aire por medio de agregados cuya relación de vacíos es alta.
4. Los hormigones livianos son muy buenos aislantes de temperatura.
5. Este tipo de hormigones está recomendado para construcciones en las cuales no se posee suelos de gran resistencia,
6. En muchos casos este tipo de hormigones se utilizaran en embarcaciones marinas.
7. Se recomienda para lugares en los que se necesite mantener la temperatura y la acústica
8. El hormigón liviano por su baja conductividad térmica mejora el ambiente
9. Mantiene una temperatura confortable dentro de ellos
10. Sirve como alternativa de salida para ciertos desechos agrícolas como la ceniza de cascara de arroz, ceniza de materiales combustibles utilizados para calderos, cenizas volcánicas, etc.
11. Este tipo de hormigones tiene una gran resistencia al fuego debido a que poseen un bajo coeficiente de dilatación y una elevada aislación térmica

6. Bibliografía

1. Arce Pezo Xavier. Hormigones livianos .Tesis. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior del Litoral, 1997. Pág. 1-3, 5-7, 10-13.
2. Peña Sterling Cecilia y Zambrano García Fulton. Hormigón celular con la utilización de materiales locales. Tesis. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior del Litoral, 2001. Pág. 32-47.
3. Javier Eduardo Molina Salinas. Adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz en Hormigón Compactado con Rodillo. Tesis. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior del Litoral, 2002. Pág. 19-21. Pág. 42-43.

4. Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi Diseño y Control de Muestras de Concreto, Capitulo 8 Pág. 161-181, Capitulo 18 Pág.375-383
5. <http://www.offshore-technology.com/projects/hibernia/>
6. http://www.stalite.com/projects_HiberniaPlatform.html
7. http://www.stalite.com/stalite_projects.html#StructuralBuilding